

采煤工作面长钻孔瓦斯抽采效果数值模拟

伍诺坦¹, 罗文柯^{1,2}, 张慧¹, 齐超¹

(1. 湖南科技大学 能源与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201; 2. 湖南科技大学 煤矿安全开采湖南省重点实验室, 湖南 湘潭 411201)

摘要:根据现场对煤层瓦斯基础参数的测定,在实验室对顺层长钻孔在异径条件下瓦斯浓度、抽放半径和流量等参数变化规律进行数值模拟计算,并在白山坪煤矿1265采煤工作面的溜子道进行抽放半径的效果检验,发现数值模拟计算结果与实测结果吻合较好。最终结果表明,为保证采煤工作面安全生产,钻孔直径应当75~100 mm较好。

关键词:白山坪煤矿;瓦斯抽采;顺层长钻孔;钻孔直径;数值模拟计算

中图分类号:TD712

文献标识码:A

Numerical simulation of long borehole gas extraction results on mining face

WU Nuotan¹, LUO Wenke^{1,2}, ZHANG Hui¹, QI Chao¹

(1. Energy and Safety Engineering College, Hu'nan University of Science and Technology, Hu'nan Xiangtan 411201, China;

2. Hu'nan Provincial Key Laboratory of Coal Mine Safety Mining, Hu'nan University of Science and Technology, Hu'nan Xiangtan 411201, China)

Abstract: According to the determination of basic parameters of gas in coal bed, bedding in the laboratory on drilling under the condition of reducing gas concentration, flow and drainage radius parameter change rule has carried on the numerical simulation, and the way of the valve in Bai shan ping coal mine 1265 coal mining face verifies the effect of the drainage radius. It is found that the numerical simulation results are in good agreement with the measured results. The final result shows that the mining face in order to ensure the safety in production, the hole diameter should be better with 75 - 100 mm.

Key words: Bai shan ping coal mine; gas drainage; bedding long borehole; the hole diameter; numerical simulation

我国矿井抽采瓦斯的方法有很多种,其中顺层长钻孔抽采瓦斯是大多数矿井采用的方法。采用合适的顺层长钻孔成孔工艺,确定合理的钻孔直径来预抽工作面的瓦斯,对于防止煤与瓦斯突出有着重要的意义。长钻孔抽采瓦斯的方法在我国研究比较广泛^[1-2],但是通过数值模拟的方法和实际相结合的研究还比较少。我国南方一些小煤矿在瓦斯抽采上钻孔工程量少,认识还不够全面,缺乏合适的技术方案,抽采方法落后,很多小煤矿缺乏对瓦斯抽采工艺方法的应用研究,使得抽采效果不理想,很难满足安全生产的需要。本文根据湖南省白山坪煤矿采煤工作面抽采瓦斯的实际情况,运用数值模拟的方法来确定合适的顺

层长钻孔的钻孔直径,分析了在这种钻孔直径下抽采瓦斯的效果。

1 顺层长钻孔数值计算

1.1 假设条件

(1)煤层各向同性,透气性系数以及孔隙率不会因为煤层中瓦斯压力的大小而不同,但是在钻孔附近的卸压范围内,煤层透气性系数和孔隙率会增加;

(2)煤层中的瓦斯可以视为理想气体,瓦斯渗流进程按等温来处置^[3];

(3)煤层中的瓦斯在极短的时间内释放;

(4)将煤层顶底板当作不透气的岩层来处理。

1.2 确定模拟方案

按照实验要求,煤层给定多孔介质渗流边界条件,选用 $k-\varepsilon$ 模型,瓦斯在煤层中流动用多孔介质模型,确定如下两种模拟方案分别进行模拟^[2,4]:

(1)逐一对 1、5、10、20、50、100 d 的抽采时间进行模拟计算,得出其抽采半径及抽采量;

(2)逐一对 65、85、105 mm 钻孔直径进行模拟计算,得出其抽采半径及抽采量。

2 数值计算模型的建立

为了方便探索煤层瓦斯抽采效果的影响因子,根据工作面定向预先抽采瓦斯钻孔的原型,本文采取四边形的单元模型,取垂直钻孔的单位厚度的截面来计算,划分 10 028 个节点和 19 572 个单元,如图 1 所示。

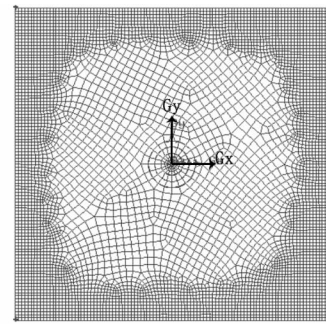


图1 定向水平长钻孔抽采瓦斯模型

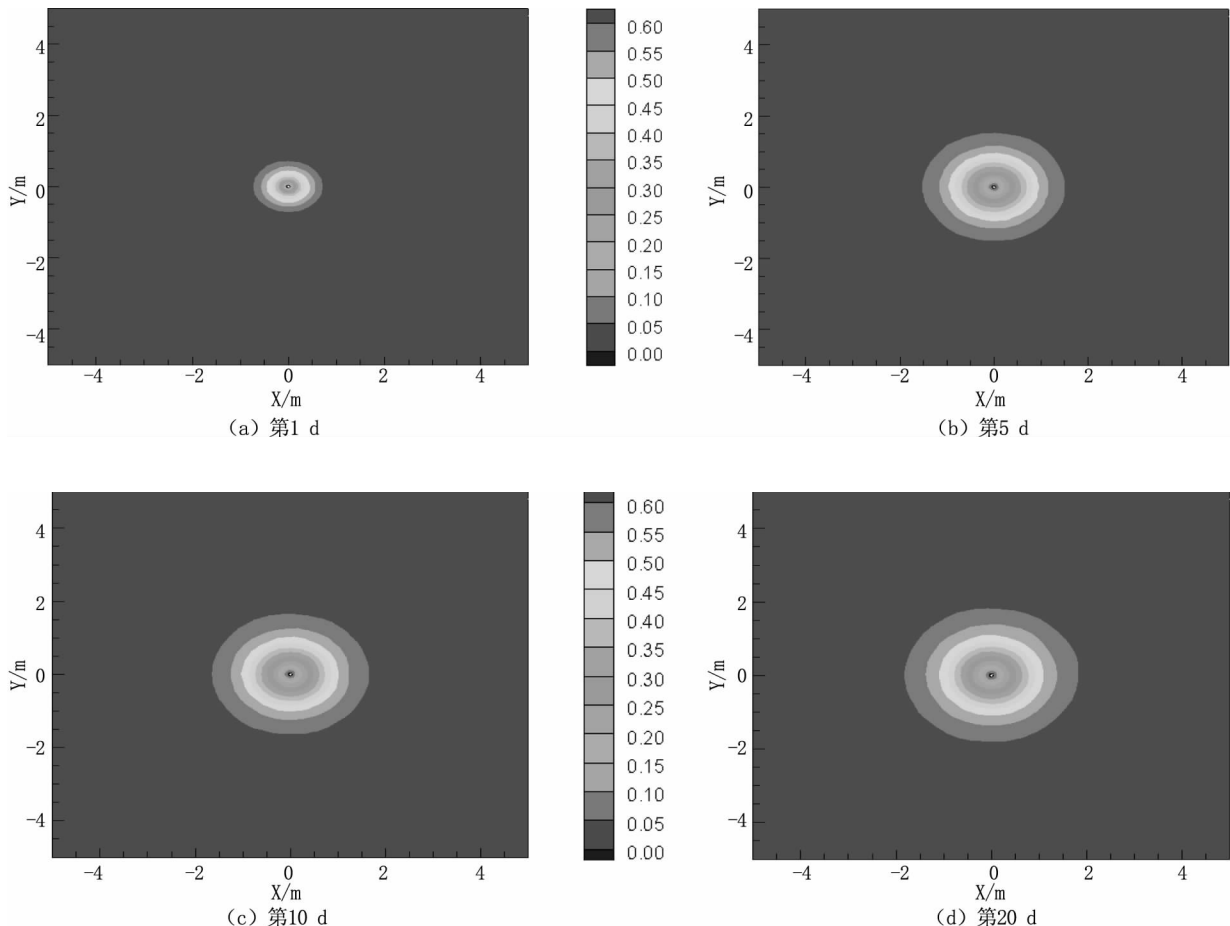
Fig1. The model of directional level long borehole gas extraction

3 不同孔径下数值计算结果分析

3.1 钻孔瓦斯压力与有效抽放半径计算

(1)钻孔瓦斯压力计算

当钻孔直径为 65 mm,测得 1265 工作面 6 煤实际测得的瓦斯压力为 0.66 MPa,抽采负压 60 kPa;周



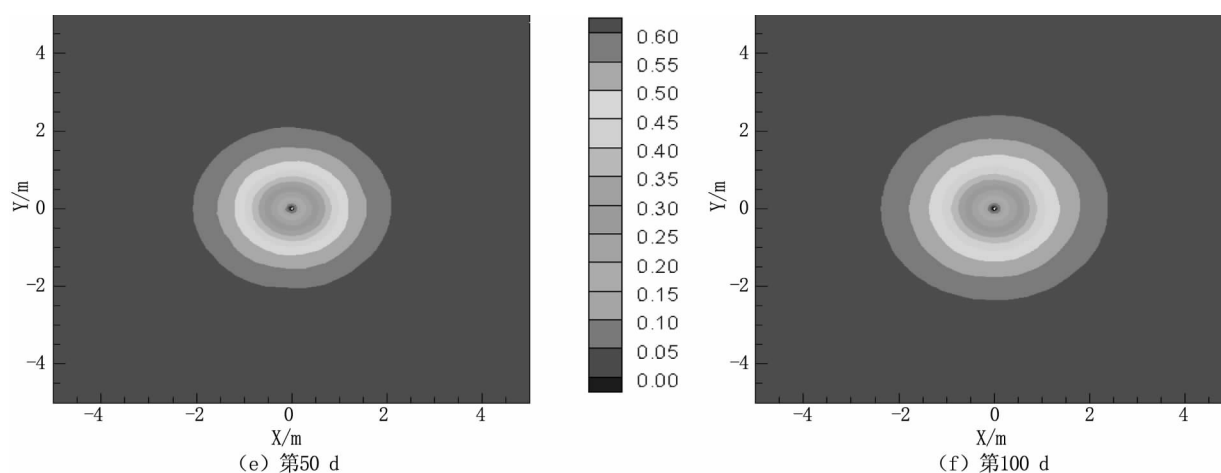


图2 煤层瓦斯压力分布随抽采时间的变化 (MPa)

Fig2. Coal seam gas pressure distribution along with the change of extraction time (MPa)

围基础参数按照 1、5、10、20、50、100 d 的抽采时间分别对煤层的瓦斯压力在不同抽采时间条件下进行相应的计算,结果如图 2 所示。

由图 2 可知,随着钻孔抽采瓦斯时间的增加,煤层中瓦斯的压力也逐步变小,钻孔卸压范围慢慢增大,抽放 100 d 与抽放 10 d 时间比较,卸压范围增大明显。

(2) 钻孔有效抽放半径计算

根据《煤矿安全规程》的相关要求,煤层瓦斯抽采率应该在 30% 以上。所以,我们将有效性指标抽采率设定为大于 30%,则可以得到在煤层瓦斯压力降低 30% 时等压线位置与钻孔中心位置的距离定位抽采半径^[5]。不同抽采时间条件下抽采半径也不一样,随着抽采天数的增加,抽采影响区域也在逐渐扩大^[6],当抽采天数有 10 d 增加到 200 d 时,瓦斯抽采半径由 0.8 m 增加到 1.35 m,但是抽采流量却呈现出反向变化,并且到一定的程度趋向平稳。

3.2 不同钻孔直径的瓦斯预抽效果计算

如图 3 ~ 图 5 所示,在抽采情况相同,三种不同的钻孔直径($\varphi 65$ mm、 $\varphi 85$ mm、 $\varphi 105$ mm)抽采下的煤层瓦斯压力对比分析图。根据以上的图可知,在抽采时间一样,钻孔直径是影响抽采半径的重要因素,抽采半径随着钻孔直径的增大而增大。在抽采时间进行到 100 d 时,钻孔直径从 65 mm 增加到 105 mm,抽采半径也从 1.25 m 增加到了

1.58 m。图 6 表示的是三种不同钻孔直径抽采瓦斯的条件下,钻孔瓦斯流量随着时间的变化曲线。从三组流量衰减曲线可以得出,抽采时间相同,瓦斯流量随着直径的增加而增大,但其增加的幅度远小于直径增加的幅度,结合白山坪煤矿采煤工作面的实际情况,钻孔直径取 75 ~ 100 mm 比较合适。

3.3 数值计算结果分析

在对白山坪矿井 1265 采煤工作面煤层瓦斯基础参数测试基础上,运用 FLUID 流体计算软件计算不同钻孔孔径下的瓦斯有效抽放半径是不同的,若采用 65 mm 钻孔,有效抽放半径为 1.25 m,则钻孔孔径宜取 2.5 m;采用 85 mm 钻孔孔径施工顺层长钻孔时,其有效抽放半径为 1.49 m,故其钻孔间距宜取 3.0 m;若采用 105 mm 钻孔直径施工煤巷顺层长钻孔时,有效抽放半径为 1.58 m,则钻孔间距宜取 3.2 m。在 1265 工作面负压法的有效抽放半径的实测中,其数据基本与数值模拟计算结果吻合。

对于突出矿井或煤层,在以往的瓦斯治理实践中,出现施工大孔径时诱发煤与瓦斯突出灾害的发生,参照 65、85 和 105 mm 三种不同直径钻孔抽采下,钻孔瓦斯流量随抽采时间的衰减曲线可知,煤巷和钻场顺层长钻孔直径取 75 ~ 100 mm 较合适。

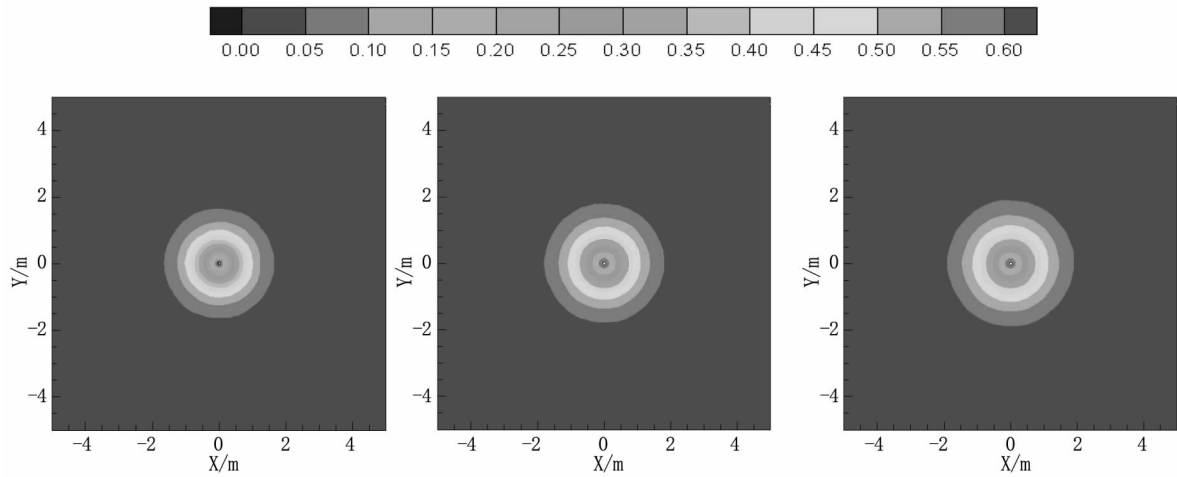


图3 不同钻孔直径(65、85、105 mm)抽采下,第10 d煤层瓦斯压力分布(Pa)

Fig3. Different hole diameter (65 、 85 、 105 mm), the 10th day of coal seam gas pressure distribution(Pa)

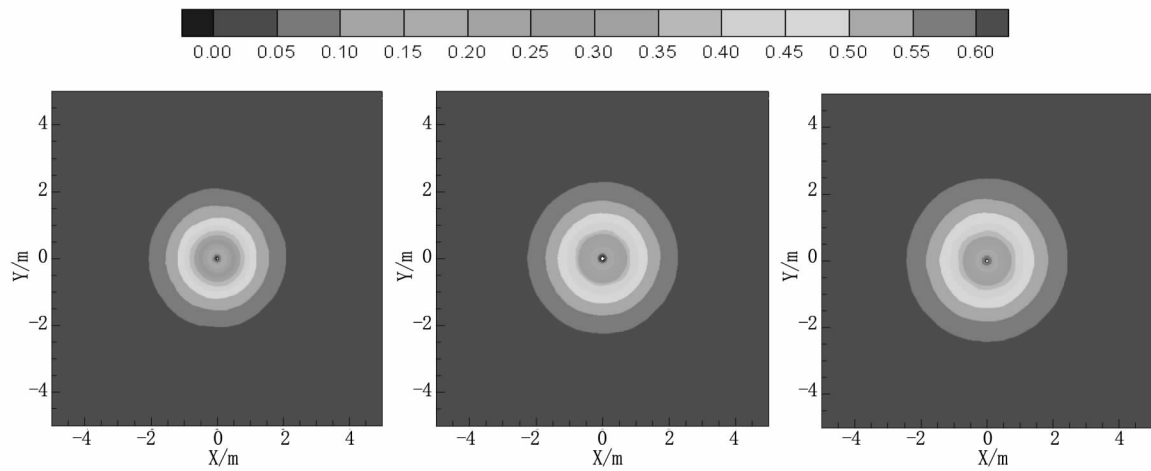


图4 不同钻孔直径(65、85、105 mm)抽采下,第50 d煤层瓦斯压力分布(Pa)

Fig4. The gas pressure of the 50th day of coal seam's distribution with different hole diameter (65 、 85 、 105 mm)

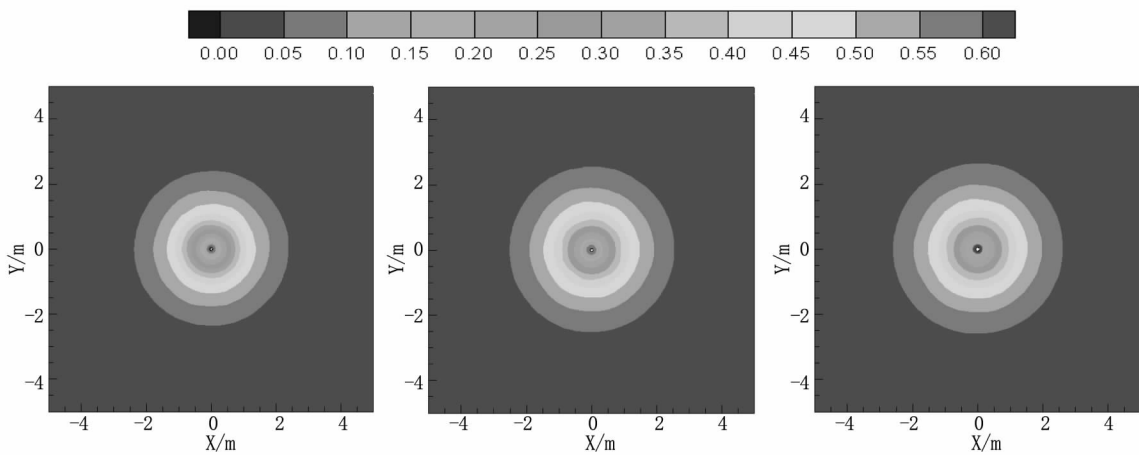


图5 不同钻孔直径(65、85、105 mm)抽采下,第100 d煤层瓦斯压力分布(Pa)

Fig5. The gas pressure of the 100th day of coal seam's distribution with different hole diameter (65 、 85 、 105 mm)

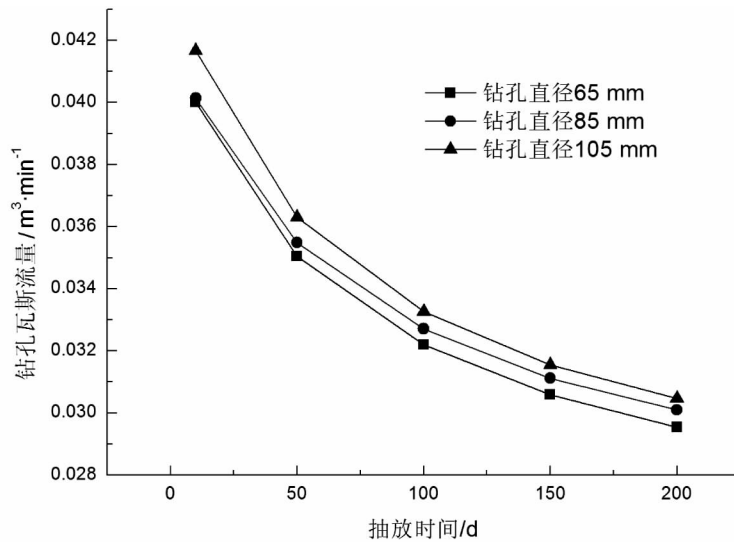


图6 三种钻孔直径(65、85、105 mm)抽采下,钻孔瓦斯流量衰减曲线

Fig.6. The drilling gas flow attenuation curve of three kinds of borehole diameter (65, 85, 105 mm)

4 结论

1) 抽采时间的不断增加使得抽采影响区域逐渐增大,但抽采流量随着时间呈负指数规律逐渐减小。

2) 在其它的前提必然情况下,钻孔直径对抽采结果影响较大,钻孔直径的增大,抽采半径及钻孔瓦斯流量随之增大,但增大的幅度远比直径增大的幅度要小。

3) 瓦斯有效抽放半径随钻孔直径增大而增大。

参考文献:

[1] 陈波仁. 钻孔直径影响瓦斯抽采效果的数值模拟[J].

煤,2014(2): 13-15.

[2] 李维光,刘虎华,李超. 薄煤层采煤工作面顶板穿层钻孔瓦斯抽采试验研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2014(3):30-34.

[3] 曹庆奎,商娜欣. 基于 GA-LSSVR 算法的回采工作面瓦斯涌出量预测[J]. 河北工程大学学报:自然科学版, 2014,31(3):90-94.

[4] 石绍波. 大淑村矿综放工作面瓦斯抽放参数与防突技术研究[D]. 邯郸:河北工程大学,2014.

[5] 刘少博,薛阔章,娄富超. 新义矿采煤工作面区域瓦斯抽采效果研究[J]. 煤,2014(1):44-46.

[6] 李超,李维光,刘虎华,等. 薄煤层采煤工作面瓦斯抽采效果实测研究[J]. 煤炭技术,2014(4):41-43.

(责任编辑 王利君)

(上接第 62 页)

应力增大,减小直线段长度 b 对箱梁有利。

3) 波纹钢腹板相对于平板钢腹板可以明显提高箱梁抗扭刚度,弯折角 θ 增大,顶板和底板正应力、腹板剪应力减小,增大 θ 角对箱梁有利。

4) 增加腹板厚度 t 可以改善箱梁受力性能,但是会增加箱梁造价。在经济允许下,可适当增大腹板厚度。

参考文献:

[1] 陈宝春,黄卿维. 波纹钢腹板 PC 箱梁桥应用综述 [J].

公路,2005,7(7):45-53.

[2] 李淑琴,万水,张长青. 波形钢腹板设计与制造 [M]. 北京:人民交通出版社,2011.

[3] 邱顺冬. 桥梁工程软件 Midas Civil 应用工程实例 [M]. 北京:人民交通出版社,2011.

[4] 徐岳,朱万勇,杨岳. 波纹钢腹板 PC 组合箱梁桥抗弯承载力计算 [J]. 长安大学学报,2005,25(2):60-64.

[5] JTG D60—2004 公路桥涵设计通用规范 [S].

[6] 庞凡. 波纹钢腹板预应力混凝土组合箱梁力学性能分析研究 [D]. 西安:长安大学,2010:12-35.

[7] 徐强. 波纹钢腹板预应力 RPC 组合箱梁力学性能研究 [D]. 北京:北京交通大学,2011:1-23.

(责任编辑 李军)